أفكار جديدة

بعد انتهاء فترة الازدهار الفلكي عند العرب التي كانت واضحة في القرن الرابع عشر انتقل مركز الثقل في علم الفلك الى أرض أواسط أوروبا . وبدأ عصر ترجمة العلوم من العربية الى اللاتينية وتكامل بصورة جدية في القرن الثالث عشر ونشأت في القرن نفسه جامعات في أوروبا أنهبت حماس الشباب الى الاغتراف من بحر المعرفة الذي لا ساحل له ولفتت الأنظار الى المؤلفات العربية من علمية وفلسفية ودعت الى ترجمتها ودراستها .

ومن العلماء الذين اشتهروا في هذه الحقبة وكان لهم أثر كبير في انهاض الفكر العلمي الأوروبي هم :

كوبرنيق :

ولد نيقولا كوبرنيق في عام ١٤٧٣ في بلدة « ثورن » ببولندا التحق بجامعة « كاراكاو » وتعلم بها الفلسفة والفلك

والهندسة والجغرافيا وكانت لدراسة الفلك أهمية كبرى فى ذلك الوقت ثم أخذت التجارة عبر المحيطات تنمو بسرعة وبدأ حجم المراكب يتزايد ومشاكل البحار تتراكم وعندما كان « كوبرنيق » فى التاسعة عشرة من عمره كان كولومبس الذى درس العلوم الفلكية وأزياج العرب بايطاليا قد عبر المحيط مكتشفا أمريكا وكان معه الاسطرلاب العربى يستعين به فى الأرصاد كما كانت الجداول الفلكية العربية رائدة له عند المسير فى اليم •

لم يكتف « كوبرنيق » بدراسة الدين أو الطب ولكنه كان مغرما بدراسة علم الفلك والرياضيات وداوم على مصاحبة أستاذ الفلك بجامعة كاراكاو وهو « دمينيكو ماريا دى نوفارا » الذى كان قد اكتشف النقص فى الانحراف الأهليجى وكذلك التغير فى خطوط العرض •

كان لكوبرنيق بحوثا جديدة عن مسار القمر وحركاته المتغيرة وعين فيه السماء الزرقاء بما فيها من كواكب •

بدأ كوبرنيق فى عام ١٥٠٦ م • يخطو فى تنمية نظامه الفلكى الذى تصوره للكون • ذلك النظام الذى كان ... يراوده وهو يدرس دراساته الموضوعية فى جامعات ايطاليا • ثم أخذ يستكمل هذه الدراسة فى أحد أ... كاتدرائية

« فراونبورج » هذا البرج لا يزال قائما ويعرف ببرج كوبرنيق انه كان مرصده كما كان علم الفلك شريعته •

وفى عام ١٥١٤ م أصبح كوبرنيق شهيرا كعالم فلكى فدعى الى المجمع الكنسى لتقديم مشورته فى اصلاح التقويم فاعتذر نظرا لأن الأرصاد الفلكية الجديدة لحركات الشمس والقمر لم يتم جدولتها بدقة تفى بالغرض المطلوب فهى ما زالت فجة تتغذى من النهج القديم •

وفى عام ١٥١٩ م حفزت رحلة مجلان حول الأرض وكذلك الكشوف البحرية فى المحيطات المشتغلين بعلم الفلك الى مزيد من الدراسات والى تحسين فى آلات الرصد فكانت جامعة بولونا بايطاليا مركزا مشعا لهذه الدراسات تلك الجامعة التى تعلم فيها كوبرنيق وتزود فيها بالمجسطى وبتراث العرب فى الفلك والرياضيات وأثرت هذه الرحلات على كوبرنيق وحفزته ليقوم بعمل عدة أرصاد شاقة تولاها بنفسه ليدعم بها نظريته الجديدة عن الكون ورغم جدية أرصاده الا أنه ظل محجما عن نشرها وأن أول رسالة ظهرت له عام ١٥٢٤ م • وهى التى حاول فيها تقويض الأسس التى قام عليها التفسير القديم عن مبادرة الاعتداليين • ولم تتناول هذه الدراسة أى تلميح من بعيد أو قريب عن نظريته الجديدة •

ومن مؤلفات كوبرنيق كتاب فى « حركات الكرات

السماوية » ولم يذكر المصادر العلمية التى اعتمد عليها عند كتابته لهذا الكتاب ومن الاطلاع على هذا الكتاب يتبين بوضوح أنه اعتمد على :

١ ـ كتاب الهيئة للبطروجى وكذلك كتاب السماء والعالم لابن رشد •

٢ ـ تحرير المجسطى لنصير الدين الطوسى •

٣ ـ كتاب أصول الفلك لابن كثير الفرغانى •

٤ ـ مجادلات « نيقولاس الأورزمى » العالم الباريسى فى القرن الرابع عشر الذى ناقش فيها دورات السماوات• ونادى بانها ما هى الا وهم وسراب وأن جميع أنواع الحركة هى نسبية •

كتب كوبرنيق كتابا آخر اسمه « تفسيرات » ويبين هذا الكتاب جرأة كوبرنيق وتحرره بعض الشىء وذلك لأنه قدم دراسة أولية لنظريته الجديدة فى هذا الكتاب والتى نادى فيها بمركزية الشمس للكون وليس الأرض فسرعان ما جذبت انتباه المفكرين • وفى عام ١٥٤١ م اقترح بعض العلماء على كوبرنيق أن يقوم بنشر نظريته الجديدة على الملأ فأرسل البحث الى ألمانيا ليطبع تحت اسم كتابه السابق « حركات الكرات السماوية » •

ظل « كوبرنيق » قرابة الثلاثين عاما يعمل بغير انقطاع ساعيا الى ابتكار نظام جديد للكون وبالفعل توصل الى نظام جديد فسر بدقة جميع حركات الكواكب والنجوم ومع أربع وثلاثين كرة فقط • ورأى كوبرنيق النسخة المطبوعة لهذا الكتاب وهو فى غيبوبة المرض •

وفى الواقع أن نظرية مركزية الشمس للكون التى نادى بها « كوبرنيق » فى أبحاثه ، قد خلقت ناقصة التكوين واحتاج الأمر الى سنين أخرى ليظهر عباقرة أمثال جاليليو وكيلر ونيوتن يقومون بتدعيمها فيزيائيا ورياضيا •

قام كوبرنيق بقياس أبعاد الكواكب عن الشمس متخذا بعد الأرض عن الشمس وحدة للقياس • فعندما يوجد كوكب عطارد مثلا فى موضع استطالته العظمى • فان الخط الواصل بين الراصد والكوكب . يصبح مماسا لفلك الكوكب وعموديا على الخط الواصل بين الشمس والكوكب •

الأرض فى الوضع « ص » والشمس فى « س » وعطارد فى « ع » فالخط س ع يساوى س ص جا س ص ع حيث أن

هذه الزاوية يمكن رصدها وحساب جيبها من جداول حساب المثلثات أو باستخدام حاسبة الجيب وبهذه الطريقة يمكن حساب بعد أى كوكب عن الشمس باعتبار بعد الأرض عن الشمس يساوى الوحدة .

الكوكب	قياسات كوبرنيق	القياسات الحديثة
عطارد	٠ر٦٣٠	ر٣٨٧
الزهرة	٠ر٧٢٠	ر٧٢٣
الأرض	١ر٠٠٠	١ر٠٠٠
المريخ	١ر٥٠٠	١ر٥٢٠
المشترى	٥ر٠٠٠	٥ر٢٠٠
زحل	٩ر٠٠٠	٩ر٥٤٠

أما قياسات الفراغانى والبتانى فكانت على أساس بعدها عن الأرض وأما بطليموس فانه لم يذكر الا بعد الشمس والقمر فقط عن الأرض ولا نجد فرقا كبيرا بين قياسات الفرغانى وقياسات « كوبرنيق » فيما لو حولت أبعادها من الأرض للشمس .

ان كل ثورة من الثورات لا تأتى بغتة بل لابد من وجود بذور صالحة لها ولابد من زمن حتى ينمو وينضج نبتها . استورد « كوبرنيق » وأمثاله تلك البذور من العرب ثم زرعها فى أرض أوروبية فأينعت لأنها كانت على حافة التطور والثورة .

لقد قام الاغريق بعمل نظام معين للكون ثم جاء العرب واستحدثوا أنظمة جديدة وأصبحت تلك الأنظمة نقيض موضوع كما رأينا فيما قبل فى هذا الكتاب ثم جاء « كوبرنيق » فربط بينها فى تعايش سلمى فاستحدث نظاما جديدا واستقر نظامه بل نما وترعرع لأنه كان محظوظا اذا وجد من يخلفه من شوامخ الفكر أمثال تيكوبراهى وكيلر وديكارت ونيوتن ولابلاس وبذلك أصبح نظام « كوبرنيق » موضوعا زاعت شهرته الأفاق أثناء محاكمات جوردانو برونو وجاليليو وبعد وفاته بأكثر من خمسين عاما .

***

كيلــــر :

ولد كيلر فى عام ١٥٧١ م . وتوفى فى عام ١٦٣٠ م . كان يعمل رياضيا فى بلاط القيصر بمدينة براغ وانحاز كيلر لنظرية

كوبرنيكوس وحاول شرحها فى بحثه الذى سماه « بأسرار الجغرافيا الفلكية » وذلك على أسس رياضية ، بالرغم من ذلك لم يستطع كيلر ايجاد توافق بين فكرته وبين الحقيقة . واستطاع فقط ايجاد تطابق بين الأرصاد والنظرية عندما بدأ فى جعل الكواكب تتحرك فى مدار أهليجى تحتل الشمس احدى بؤرتيه ثم نشر كيلر هذا القانون فى بحث سماه « الفلك الجديد » واكتشف كيلر بعد ذلك القانون الذى بين العلاقة بين زمن الدوران وحجم المدار .

***

جاليليو :

ولد عام ١٥٦٤ م . وتوفى عام ١٦٤٢ م . قام جاليليو بصناعة منظار ذا عدسة واحدة وبواسطته اكتشف كل من أقمار المشترى وتغير أطوار الزهرة والجبال القمرية وكذلك حقيقة أن سكة التبانة مكونة من مجموعة كبيرة من النجوم واعتبرت هذه الاكتشافات دليلا على صحة تعاليم كوبرنيكوس .

***

نيوتن :

ولد فى « ولتروب » بمقاطعة لانكشير فى انجلترا فى ٢٥ ديسمبر سنة ١٦٤٢ م . وكان فيلسوفا وعالما فى الطبيعة والبصريات ووضع نظريات فى الجاذبية وتركيب الضوء ولاحظ أن الضوء عند مروره فى منشور زجاجى لتغير لونه الى ألوان كثيرة تنكسر بدرجات مختلفة عند نفاذها فى مادة المنشور .

نشر نيوتن قانون الجاذبية واستطاع بمعونة هذا القانون وضع نظرية لكل من المد والجزر .

كانت التحسينات التى طرأت على المناظير وطرق تركيبها وكذلك على الساعات هامة فى النجاح التالى لعلم الفلك وعلى وجه الخصوص لابد من ذكر « رومر » (١٦٤٤ — ١٧١٠) الذى بنى أول دائرة زوال فى عام ١٧٠٤ م . كذلك « هيجنز » (١٦٢٩ — ١٦٩٥) الذى بنى أول ساعة ذات بندول ، وقامت أولى المراصد الكبيرة فى ذلك الوقت بعد تلك التى شيدت فى عهد « تيكوبراهى » مثل مرصد باريس فى حوالى عام ١٦٧٠ م . وبعده بقليل من السنين مرصد جرينتش ثم المرصد الذى افتتح فى برلين عام ١٧٠٠ م .

لقد كان نيوتن رياضيا من الطراز الأول وعالما تجريبيا ممتازا ذا مقدرة فذة على استخلاص الحقائق المهمة من

المشاهدات والتجارب وأعمال نيوتن ستظل شاهدة على عظمة هذا العالم العملاق .

استطاع كازينى (١٦٢٥ — ١٧١٢) فى عام ١٦٧٢ حساب المسافة الهامة بين الشمس والأرض وذلك باستعمال أرصاد المريخ واقترح هالى (١٦٥٦ — ١٧٤٢) فى عامى ١٦٩٣ ، ١٧١٢ طريقة محسنة لذلك . كما قام هالى لاول مرة فى عام ١٧٠٦ م . بحساب مدار المذنبات حول الشمس وأوجد أوقات عودة المذنب المسمى باسمه . وفى عام ١٧١٨ اكتشف هالى الحركة الذاتية للنجوم وفى عام ١٧٢٨ اكتشف برادلى (١٦٩٢ — ١٧٦٢) الزيج الضوئى .

وفى عام ١٧٩٧ م . تم تبسيط طريقة تحديد مدارات المذنبات بواسطة « أوليرز » (١٧٤٨ — ١٨٤٠) تبسيطا كبيرا . كما قام جاوس (١٧٧٧ — ١٨٥٥) بحل مشكلة تعيين مدارات الكويكبات حتى أن طريقته يمكن استعمالها حتى الآن بتعديلات بسيطة فقط .

اكتشف هرشل (١٧٣٨ — ١٨٢٢) يورانيوس أول كوكب لم يكن معروفا من قبل وفى ١٨٠١/١/١ م . اكتشف بيازى (١٧٤٦ — ١٨٢٦) « سيرس » أول كوكب ويعتبر هرشل مؤسسا لعلم الاحصاء النجمى وقد توصل الى الاقتناع بان النجوم موزعة فى نظام عدسى مفلطح .

تميز كل من القرن التاسع عشر والعشرين بتطور ما لدينا من معلومات فلكية الى علم مستقل للفلك يزداد فى الاعتماد على نفسه . وفى هذا الوقت عكف « بيزل » على تعيين ثوابت الترنح والسبق والزيغ والانكسار بكل اهتمام ، كما تمكن بالاضافة الى ذلك من تحديد بعد النجم ٦١ — الدجاجة وفى نفس العام أمكن نفس الشىء لكل من النجوم النسر الواقع وألفا قنطورس بواسطة كل من ستروفا (١٧٩٣ — ١٨٦٤) وهندرسون (١٧٩٨ — ١٨٤٤) .

فى حوالى منتصف القرن التاسع عشر عاصرت الميكانيكا السماوية أكبر نصر لها وذلك باكتشاف الكوكب الجديد نبتون وتم كذلك اكتشاف الكوكب بلوتو الذى تنبأ بوجوده نوفل (١٨٥٥ — ١٩١٦) وكان ذلك فى عام ١٩٣٠ .

ترجع الانتصارات الكبيرة للفيزياء الفلكية الى ادخال التصوير الفوتوغرافى فى الفلك ، حيث أصبح من الممكن عن طريق ذلك دراسة أجسام خافتة الاشعاع . ينطبق هذا بصفة خاصة على دراسة أطياف النجوم الذى لم يكن ممكنا بدون التصوير الفوتوغرافى ، كذلك فقد نتج أيضا عن طريق ادخال التصوير فى فلك المواقع ارتفاع درجة الأرصاد .

تمكن « فراونهوفر » (١٧٨٧ — ١٨٢٦) فى عام ١٨١٤ م .

من قياس ٥٠٠ خط من طيف الشمس واستنتج « كيرشوف » (١٨٢٤ – ١٨٨٧) « وبنسون » (١٨١١ – ١٨٩٢ م) من مقارنة خطوط فراونهوفر بطيف العناصر الأرضية فى المعامل ، وجاءت الدراسات الطيفية للشمس فى نهاية القرن التاسع عشر فى أبحاث « رولاند » (١٨٤٨ – ١٩٠١ م) والذى قاس ما يقرب من ٢٠٠٠ خط طيفى وبمرور الزمن اكتشف تطابق خطوط أكثر منها مع أطياف العناصر الأرضية •

دخلت عن طريق الدراسات حول المجرات الخارجية ، أكبر لبنات الكون فى مجال الأرصاد العلمية ومن المهم جدا ما تم اكتشافه من أن طيف المجموعات النجمية له ازاحات حمراء تتناسب مع المسافة بيننا وبين هذه المجموعات وتم تفسير تلك الازاحة بتمدد الكون كما نشأت من نظرية النسبية لاينشتين (١٨٧٩ – ١٩٥٥ م) • نماذج نظرية للكون مثل الذى قدمه « دى سيتر » (١٨٧٢ – ١٩٣٤) و « فريدمان » (١٨٨٨ – ١٩٢٥ م) •

دخل فرع جديد للفلك فى النصف الأول من القرن العشرين وهو دراسة مادة ما بين النجوم فقد استطاع « وولف » (١٨٦٣ – ١٩٣٢) على أساس تعدد النجوم اثبات وجود مادة داكنة بين النجوم تمتص الضوء • كذلك تمكن « هارتمان » (١٨٦٥ – ١٩٣٦) فى عام ١٩٠٤ م اعطاء الدليل على وجود مادة غازية انضح فيما حصل عليه من خطوط الكالسيوم الثابتة •

يعد الفلك الراديوى أحد الفروع الحديثة فى الفيزياء الفلكية ويرجع بداية الفلك الراديوى الى الأرصاد التى قام بها « باتسكى » فى عام ١٩٣٢ م •

نشأ مجال بحث جديد للارصاد الفلكية بادخال الصواريخ وسفن الفضاء وأمكن عن طريق الامكانية الجديدة اطالة النطاق الطيفى بحيث يشمل مناطق الاشعاع فوق البنفسجى والسينى وأشعة جاما وفوق هذا أصبحت القياسات المباشرة ممكنة فى منطقة ما بين الكواكب وفى الغلاف الجوى وفوق سطوح الكواكب القريبة من الأرض وعلى سطح القمر •

***

لتعيين موقع نجم ما على سطح الكرة السماوية ، يلزم أن يتوافر لدينا احداثيان فقط . وتختلف تسميتها باختلاف المستوى الأساسى لهذين الاحداثيين ، فاذا كان المستوى الأساسى هو مستوى الأفق ، فان الاحداثيين اللازمين لتعيين موقع النجم هما ، الاتجاه والارتفاع ، واذا كان المستوى الأساسى هو الاستواء السماوى أو دائرة معدل النهار فان الاحداثيين هما الزاوية الساعية والميل ؛ المطلع المستقيم ، واذا كان المستوى الأساسى هو مستوى الدائرة الكسوفية فان الاحداثيين هما

الطول والعرض واذا كان المستوى الأساسى هو مستوى المجرة فان الاحداثيين هما الطول والعرض المجريين •

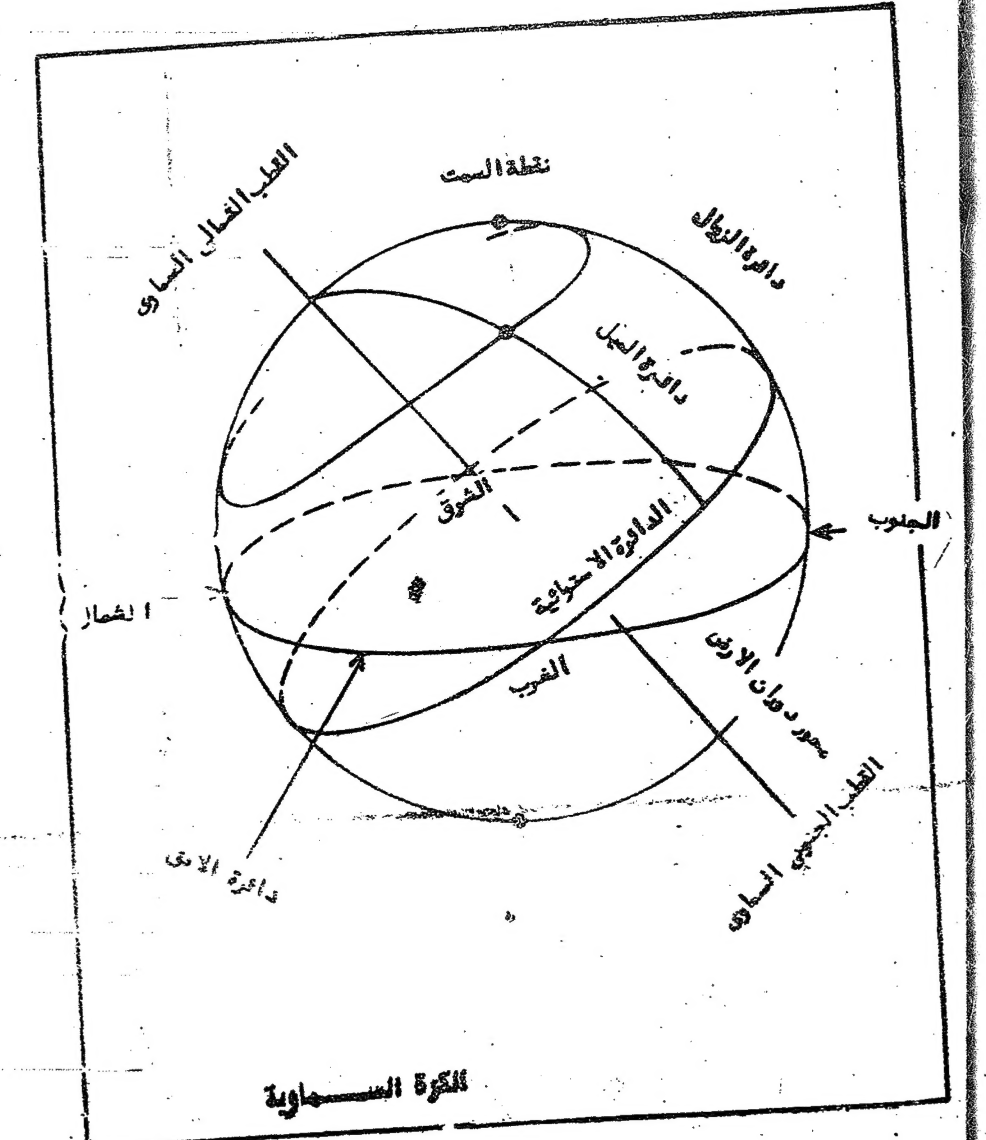
الأفـــق :

المستوى المماس لمكان معين على سطح الأرض اذا امتد فانه يقطع الكرة السماوية فى دائرة عظمى تسمى بدائرة الأفـق وهذه الدائرة تمر بالنقط الأصلية هى الشمال والشرق والجنوب والغرب • والأفق ينصف الكرة السماوية الى نصفين النصف الشمالى ويشمل القطب الشمالى ، والنصف الجنوبى ويشـمل القطب الجنوبى شكل (رقم ٧) •

السـمت والنظـير :

الاتجـاه العمودى على الأفق يقطع الكرة السـماوية فى نقطتين الأولى والواقعة فوق الأفق تسمى بنقطة السمت والثانية والواقعة تحت الأفق تسمى بنقطة النظير شكل (رقم ٧) •

وحيث أن الأرض كروية الشكل تقريبا فان اتجاه السمت لا يخرج عن كونه اتجـاه الخط الواصـل من مركز الأرض الى المكان •



شكل (رقم ٧)

دائرة الاستواء السماوية :

امتداد مستوى دائرة الاستواء الأرضى يقطع الكرة السماوية فى دائرة عظمى تسمى بدائرة الاستواء السماوية وتقطع الدائرة الاستوائية دائرة الأفق فى نقطتين هما الشرق والغرب شكل (رقم ٧) •

ميل الجسم السماوى :

تقطع الدائرة العظمى المارة بالنجم س والقطب الشمالى خط الاستواء السماوى فى نقطة (د) ، فالبعد بين النقطة (د) والجسم (س) يسمى بميل النجم (س) وهو ميل شمالى (+ س) اذا كان بين القطب الشمالى والاستواء وهو ميل جنوبى مثل النجم (ن) حيث أن موقعه بين الدائرة الاستوائية والقطب الجنوبى ويرمز الى هذه القيم بالرمز (— ك) •

وميل النجم ثابت المقدار خلال الحركة اليومية للسماء ، فترسم النجوم عليها دوائر صغيرة وهمية موازية لخط الاستواء ، وللتعرف على موقع النجم فى السماء ، يلزم التعرف على خط زوال النجم ، أى أن الدائرة العظمى المارة بالقطبين وموقع النجم بالنسبة الى دائرة نصف النهار المارة بسمت الراصد والقطبين — الزاوية المحصورة بين هاتين الدائرتين هى العنصر الاحداثى الآخر المطلوب معرفته لتحقيق موقع النجم —

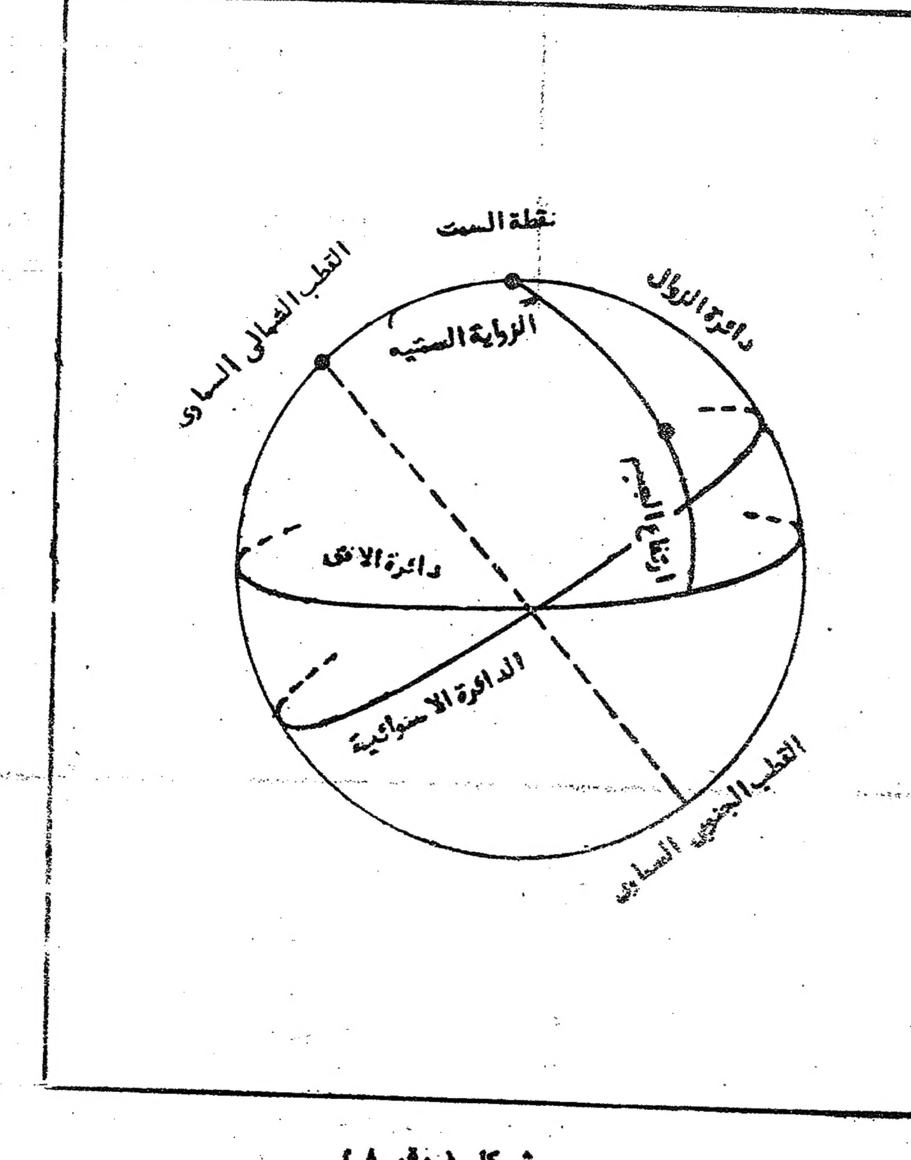
تسمى هذه الزاوية بالزاوية الساعية للنجم وهى مقيسة على الاستواء السماوى من الجنوب نحو الغرب — وتتغير قيمتها من الصفر عندما يعبر النجم خط نصف النهار أو الزوال الى ٢٤ ساعة عندما يعود مرة ثانية الى خط الزوال شكل (رقم ٧) •

دائرة الزوال :

يقطع مستوى خط الطول المار بمكان ما على سطح الأرض الكرة السماوية فى دائرة عظمى تسمى بدائرة الزوال أى أن الدائرة العظمى المارة بالقطب الشمالى وسمت الرأس والنظير والقطب الجنوبى ونقطتى الشمال والجنوب تسمى بدائرة نصف النهار • وهذه الدائرة رأسية لأنها عمودية على الأفق فى نقطتى الشمال والجنوب • واذا فرض وجود جسم سماوى (س) فان الطول القوس الواصل بين نقطة السمت والجسم السماوى (س) هو عبارة عن تمام ارتفاع الجسم عن دائرة الأفق • ويقاس الارتفاع من صفر على الأفق الى ٩٠° عند السمت شكل (رقم ٨) •

الزاوية السمتية :

هى الزاوية المحصورة بين نصف النهار والدائرة الرأسية المارة بالنجم (س) وتقاس هذه الزاوية على الأفق من نقطة الشمال الى قدم الدائرة الرأسية والمارة بالنجم شرقا أو غربا



شكل (رقم ٨)

اذا كان النجم فى الجزء الشرقى من الكرة السماوية أو فى جزئها الغربى شكل (رقم ٩) ٠

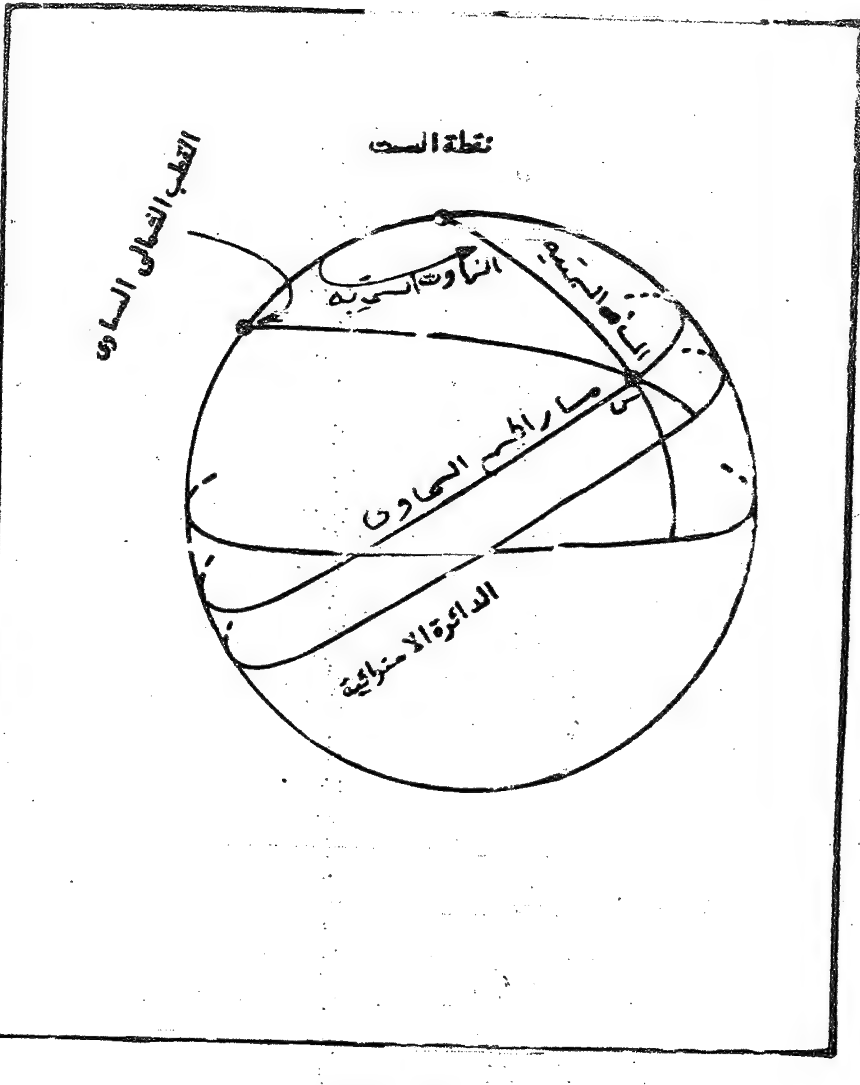
أما رجال الملاحة فيعبرون عن هذه الزاوية بزاوية الاتجاه وهى مقيسة من نقطة الشمال شرقا أو غربا الى قدم الدائرة الرأسية المارة بالنجم ٠

القطب السماوى :

اذا رسمنا من مكان على سطح الأرض اتجاها يوازى محور دوران الأرض فان هذا الاتجاه سيكون فى مستوى دائرة الزوال واذا مددنا هذا الاتجاه فانه سيقابل الكرة السماويه فى نقطتين الشمالية تسمى بالقطب الشمالى السماوى والجنوبية فيها (لا ترى فى النصف الشمالى) وتسمى بالقطب الجنوبى ٠

المطلع المستقيم :

ويرمز للمطلع المستقيم بالحرف الأغريقى ∝ وهو مقيس نحو الشرق من أول نقطة الحمل وهى احدى نقطتى تقاطع دائرة البروج ومعدل النهار حتى تقاطع دائرة الميل مع الاستواء السماوى شكل (رقم ١٠) ٠



شكل (رقم ٩)

دائرة البروج او الدائرة الكسوفية :

هذه الدائرة هى مسار الشمس الظاهرى حول الأرض ، والاحداثيان فى هذه الحالة هما طول النجم (λ) مقيساً من ♈ حتى تقاطع دائرة الطول للنجم مع دائرة البروج أما عرض النجم (β) فهو ارتفاعه عن دائرة البروج وهذان الاحداثيان هما يماثلان الطول والعرض لمكان ما على سطح الأرض باعتباره ♈ مبدأ الأطوال وتسميان بالاحداثيين البروجيين شكل (رقم ١١) ٠

الشمس تبدو كما لو كانت تتحرك على الدائرة الكسوفية فى فترة سنة من الغرب الى الشرق وهذه الدائرة تميل على دائرة خط الاستواء السماوية زاوية قدرها ٥ر٢٣° تقريباً — نلاحظ من الشكل أن ميل الشمس يتغير خلال هذه الحركة السنوية الظاهرية — فحينما تكون الشمس فى الاتجاه ♈ أو الاتجاه (♎) يكون ميلها يساوى صفرا — فى حين عندما تكون الشمس فى الاتجاه (أ) يكون ميلها مساويا ل + ٥ر٢٣ أى ٥ر٢٣ شمال دائرة الاستواء السماوية — وحينما تكون الشمس فى الاتجاه (هـ) يكون ميلها مساويا — ٥ر٢٣ أى جنوب دائرة الاستواء السماوية شكل (رقم ١١) ٠

وللنقطة ♈ احدى نقطتى تقاطع الدائرة الكسوفية مع دائرة الاستواء السماوية من الجنوب الى الشمال أهمية خاصة فى علم الفلك للاسباب الآتيه :

القطب الشمالي السماوي
قطب دائرة البروج
دائرة الميل
س
الدائرة الاستوائية
الشمس
دائرة البروج

شكل (رقم ١٠)

القطب الشمالي السماوي
قطب دائرة البروج
دائرة البروج
الاعتدال الخريفي
الاعتدال الربيعي
الدائرة الاستوائية
القطب الجنوبي السماوي
الكرة السماوية

شكل (رقم ١١)

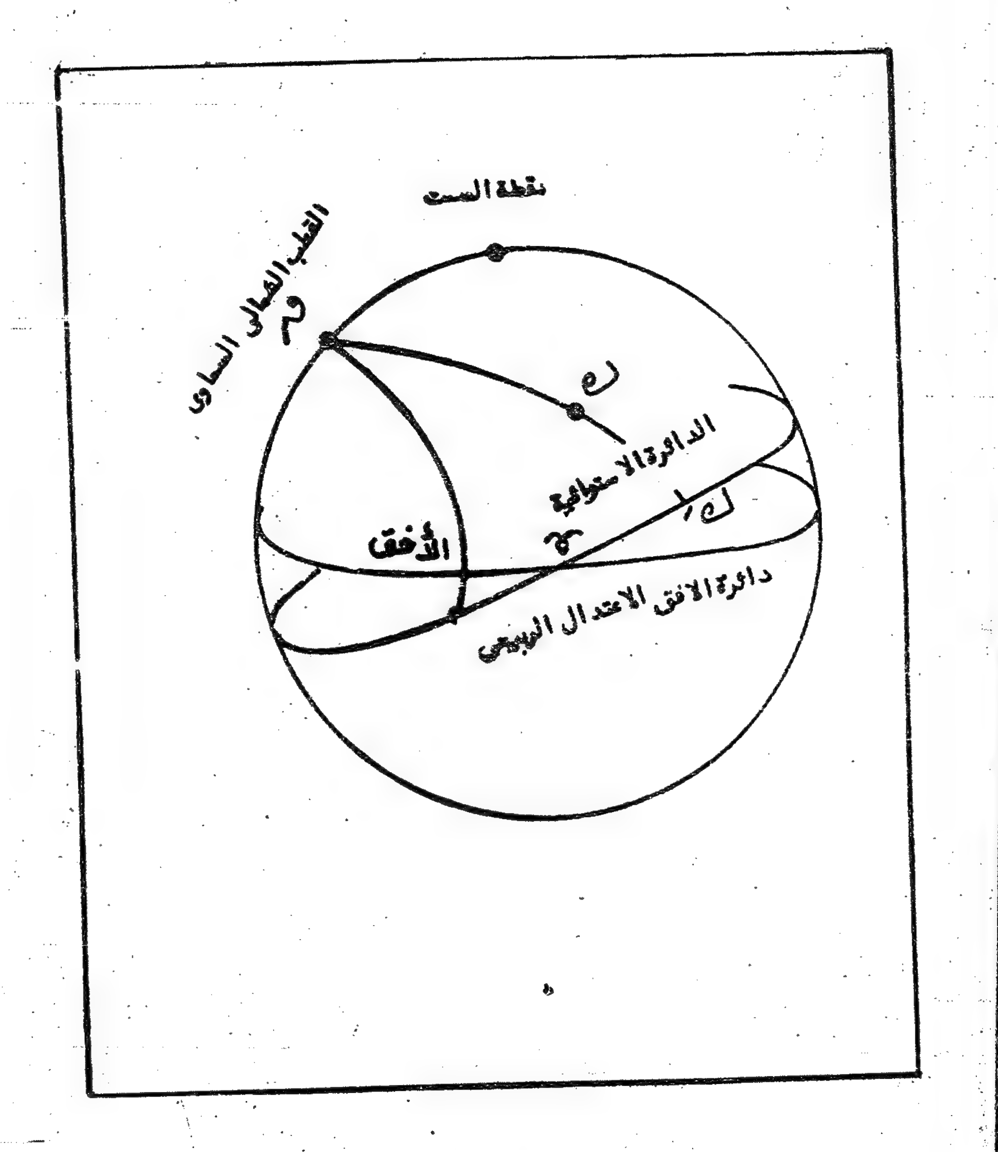
١ ـ الحركة اليومية للنقطة ♈ :

النقطة ♈ لا تخرج عن كونها اتجاها فى الكرة السماوية وتسمى بنقطة الاعتدال الربيعي وهى الموقع الذى فيه يتغير ميل الشمس ميل جنوبى الى ميل شمالى وهى أيضا نقطة الأصل فى قياس المطالع المستقيمة للنجوم شكل (رقم ١٢) •

٢ ـ اليوم النجمى والوقت النجمى :

اتفق العلماء على اعتبار النجم ♈ كمقياس للوقت النجمى الذى يعرف بانه زاوية الساعة للنجم ♈ • فمثلا حينما تكون زاوية الساعة للنجم ♈ مساوية ٥ ساعات، نقول أن الوقت النجمى يساوى الساعة الخامسة وهكذا وتبعا لذلك يبدأ اليوم النجمى حينما يكون الوقت النجمى مساويا لصفر ساعة أى يبدأ حينما يكون النجم ♈ فى حالة عبور علوى •

اذن التوقيت النجمى فى جرينيش = الوقت النجمى فى المكان ∓ طول المكان (الاشارة الموجبة اذا كان المكان غرب جرينيش والسالبة اذا كان شرقها) والزمن النجمى للمكان النجمى للمكان يسمى بالتوقيت النجمى المحلى •



شكل (رقم ١٢)

الأجسام السماوية :

الأجسام السماوية هى تلك الأجسام التى نراها فى السماء بالعين المجردة أو بمساعدة المناظير الفلكية ويمكننا تقسيم هذه الأجسام الى نوعين :

(أ) النجوم :

التى تكون الغالبية العظمى من الأجسام السماوية وهى عبارة عن أجسام مضيئة من نفسها (اضاءة ذاتية) والشمس تعتبر نجما ضمن هذه النجوم •

(ب) الكواكب وتوابعها :

هذه الأجسام التى نعتبر أرضنا والقمر من ضمنها • لا تضىء من نفسها (اضاءتها غير ذاتية) مثل النجوم ولكنها تستمد ضوءها من الشمس ولذلك فهى تعتبر تابعة للشمس ، وعادة يطلق على الشمس والكواكب اسم العائلة الشمسية أو المجموعة الشمسية شكل (رقم ١٣) •

الأبعاد الفلكية :

الأجسام السماوية تقع على مسافات شاسعة جدا من الأرض فمثلا القمر الذى يعتبر أقرب الأجسام السماوية الينا على بعد ٣٨٠ ألف كيلو متر من سطح الأرض والشمس تبعد

الشمس
عطارد
الأرض
الزهرة
المريخ
القمر
المشترى
أكبر أربعة أقمار لجاليليو
زحل
تيتان
أورانيوس
نبتون

الحجم النسبى للشمس والكواكب

شكل (رقم ١٣)

بمقدار ١٥٠ مليون كيلو متر عن الأرض والمريخ الذى يعتبر كوكبا من كواكب المجموعة الشمسية يبعد عن الأرض بمسافة تتغير من حوالى ٧٥ مليون كيلو متر الى ٣٧٥ مليون كيلو متر وبلوتو الذى يعتبر أبعد كوكب من كواكب المجموعة الشمسية يبعد عن الأرض بحوالى ٦٠٠ مليون كيلو متر .

وهذه الأبعاد التى تبدو كبيرة جدا تعتبر فى الواقع صغيرة جدا بالنسبة لأبعاد النجوم عن الأرض فمثلا بعد أقرب نجم من الأرض يقدر بحوالى ٤٥ مليون مليون كيلو متر فى حين أن أحد النجوم التى أمكن رؤيتها بواسطة منظار بالومار بأمريكا أكبر منظار فلكى فى العالم يبعد عن الأرض بحوالى ٢٠ ألف مليون مليون كيلو متر وبذلك فان وحدة الكيلو متر لا تناسب الفلكى فى تقدير المسافات ولذلك قاموا باختيار وحدات أكبر من ذلك بكثير مثل :

الوحـــدة الفلكيـــة :

نرى مما تقدم أن أبعاد الكواكب فى المجموعة الشمسية تقدر بملايين الكيلو مترات فى حين أن أبعـاد النجوم تقدر بملايين ملايين الكيلو مترات أو ببلايين بلايين الكيلو مترات ، ولقد وجد انه من الأنسب أن نغير وحدة الأطوال اذ أن الكيلو متر يعتبر وحدة صغيرة جدا بالنسبة لأبعاد الكواكب والنجوم.

ولقد اتفق على اعتبار بعد الأرض عن الشمس كوحدة للطول فى المجموعة الشمسية . أى أننا حينما نذكر بعد الكواكب عن الأرض لا نذكرها بالكيلو مترات ، ولكننا نذكرها بالنسبة لبعد الأرض عن الشمس كوحدة ، وهذه الوحدة تسمى وحدة الطول الفلكية وهى تقدر بحوالى ١٥٠ مليون كيلو متر ، فعادة نقول أن بلوتو يبعد عن الأرض بحوالى ٣٩٫٥ وحدة فلكية والمريخ يبعد عن الأرض بمسافة تتغير بين نصف وحدة فلكية ، ٣ ١/٢ وحدة فلكية وبالطبع فالشمس تبعد عن سطح الأرض بمقدار وحدة فلكية واحدة .

السـنة الضـوئية :

هذا عن الأبعاد فى المجموعة الشمسية أما عن أبعاد النجوم فلقد وجد أن الوحدة الفلكية ما زالت وحدة صغيرة بالنسبة لأبعاد النجوم فمثلا بعد أقرب نجم الينا يقدر بحوالى ١/٤ مليون وحدة فلكية ؛ فعادة أبعاد النجوم تقدر بملايين وملايين ملايين الوحدات الفلكية فلكى نتفادى ذكر هذه الأرقام الكبيرة حينما نذكر أبعاد النجوم وجد أنه من الأنسب أن نختار وحدة طول أكبر من الوحدة الفلكية وهناك وحدات اختيرت لهذا الغرض نذكر منها السنة الضوئية وهذه الوحدة هى المسافة التى يقطعها الضوء فى مدة سنة ، فاذا علمنا أن سرعة الضوء ٣٠٠ ألف كيلو متر فى الثانية وأن السنة تساوى ٣٦٥ ١/٤ يوما أى

٨٧٦٦٠٠ ساعة أى ٣ر١ مليون ثانيـة وجد أن الضـوء يقطع مسافة ٣٠٠ر٣٠٠٠ × ٣ر١ × ١٠٠٠ر١٠٠٠ كيلو متر فى السنة أى حوالى ٥ر٩ مليون مليون كيـلو متر أو ٦٣٠٠٠ وحـدة طول فلكيـة • وعـادة تقول أن بعد أقرب نجم من الأرض يقـدر بحوالى ٢ر٤ سنة ضـوئية فى حين أن بعد أبعد نجم صـور بأكبر منظار فلكى فى العالم يقدر بحوالى ٢٠٠٠ مليون سـنة ضوئية أى أن الضوء الذى نراه من أقرب نجم الينا ترك هـذا النجم من حوالى ٢ر٤ سنة أو بمعنى آخر الضـوء الذى نراه الآن من هذا النجم قد ترك هذا النجم فى سـنة ١٩٨٩ م • (عام تأليف الكتاب ١٩٩٣ م) •

البارسـك :

ومن ناحيـة أخرى ، فان الفلكيين عـادة ما يعبرون عن المسافات بدلالة وحدة أخرى تسمى البارسك وهى مسافة نجم له زاوية اختلاف منظر قدرها ثانية قوسية واحدة كما يرى من الأرض ، والبارسك يساوى ٣ر٢٦ سنة ضوئية أو (٣ر١٠×١ ^{١٣} كيلو متر) وعموما اذا علمنا زوايا اختـلاف المنظر بالثوانى القوسية فان المسافة (بالبارسك) يمكن الحصـول عليها من مقلوب قيمة الزاوية ومثال ذلك :

النجم	اختلاف المنظر (ظ)	مسافة النجم (ف) بالبارسك
الفا قنطورى	٧٥ر	٣٣ر١ ($\frac{١}{٧٥ر}$)
النسر الواقع	١٢ر	٥ر٨ ($\frac{١}{١٢ر}$)
النجم ٦١ فى كوكبة الدجاجة	٩ر٣	٤ر٣ ($\frac{١}{٩ر٣}$)

من الجدول يتضح أن زاوية اختلاف المنظر (ظ) معبرا عنها بالثوانى القوسية بمسافته (ف) بالبارسـك بالعـلاقة الآتيـة :

$$ف = \frac{١}{ظ}$$

القبـة السـماوية :

مما سبق تبين أن النجـوم والكواكب تبعد عن الأرض مسافات شاسعة جدا وهذه الأبعاد كبيرة لدرجة لا تجعلنا نميز أن تلك النجوم على أبعاد مختلفة بها نظن أنها على نفس الأبعاد

منا وهـذا عامل نفسى ينتج من تأثير الأبعاد الكبيرة فمثلا لو كان هناك شخص واقف فى الصحراء ورأى جملين على مرمى الأفق على مسافة كبيرة منه لكان من الصعب عليه أن يذكر أى الجملين أقرب له ولكن سيخيل اليه أن الجملين على مسافة واحدة وبالمثل لو كان هناك شخص فى عرض البحر ورأى سفينتين أو عدة سفن على مرمى الأفق لكان أيضا من الصعب أن يميز السفينة البعيدة من السفينة القريبة ولكن يبدو له أن جميع السفن على بعد واحد منه •

فبالمثل اذا نظرنا الى السماء حيث توجد النجوم والكواكب على مسافات متفاوتة منا ولكنها كبيرة جدا لدرجة تشعرنا بأنها على نفس المسافة منا أى أن جميع الأجسام السماوية تبدو لنا كما لو كانت على نفس البعد منا أى انها تبدو كما لو كانت موجودة على السطح الداخلى لكرة حيث يوجد الشخص فى مركزها ـ هـذه الكرة الوهمية التى يظهر على سطحها الداخلى النجوم والكواكب تسمى بالكرة السماوية أو القبة السماوية • والمواقع على سطح هذه الكرة التى تظهر بها الأجسام السماوية تسمى المواقع الظاهرية للأجسام السماوية • والموقع ظاهرى لأنه يختلف عن الموقع الحقيقى فى البعد فقط اذ أن موقع أى جسم فى الفضاء يتحدد بكميين : البعد والاتجاه • وبما أننا لا يمكننا أن نمس بعد الأجسام السماوية منا فان الموقع الظاهرى ـ يختلف عن الموقع الحقيقى فى خلوه من عنصر البعد•

أى أن موقع النجوم والكواكب على الكرة السماوية لا يختلف عن كونه اتجاه النجوم والكواكب •

وتبعا لذلك اذا أردنا أن نتكلم عن المسافة بين موقعى نجمين على الكرة السماوية لا يمكن أن نتكلم الا على المسافة الزاوية التى تعرف بأنها الزاوية بين اتجاهى هذين النجمين أو البعد الزاوى لقوس الدائرة العظمى الواقعة على الكرة السماوية والواصل بين هاتين النجمين •

اقدار الأجسام السماوية :

الأجسام السماوية تختلف عن بعضها البعض فى شدة لمعانها فمثلا الشمس أشد لمعانا من القمر وبعض الكواكب أشد لمعانا من النجوم وتختلف النجوم فى شدة لمعانها فهناك الخافت وهناك اللامع وهناك عاملان يتوقف عليهما لمعان النجوم •

العامل الأول ـ بعد النجم :

فمثلا اذا كان هناك نجمان لهما نفس اللمعان وأحد هذين النجمين على مسافة أبعد من الآخر فان النجم الأبعد سيبدو لنا أقل لمعانا من النجم الأقرب مع انهما فى الحقيقة متساويان فى اللمعان •

العامل الثاني – اللمعان الحقيقي للنجم :

فمثلا لو كان هناك نجمان أولهما يزيد عن الآخر فى اللمعان وكان النجمان على مسافة واحدة فان النجم الأول يبدو أشد لمعانا من النجم الآخر •

مما سبق نجد أن لمعان النجوم والكواكب الذى نراه ليس مقياسا حقيقيا للمعان هذه الأجسام الحقيقى فمثلا الشمس التى تبدو لنا أشد لمعانا من كل الأجسام السماوية ليست فى الحقيقة كذلك حيث أن هناك نجوما كثيرة جدا أشد لمعانا من الشمس ولكن نظرا الى بعدها الشاسع تظهر لنا أشد خفوتا من الشمس •

ولذا يجب أن نفرق بين لمعان الأجسام الحقيقى ولمعانها الظاهرى فلمعان الجسم السماوى الظاهرى هو عبارة عن لمعان الجسم كما تراه أعيننا وهو كما قلنا يتوقف على اللمعان الحقيقى للجسم وبعد الجسم •

لو مثلنا لمعانين لنجمين بـ أ$_1$ ، أ$_2$ فان قدريهما ق$_1$ ، ق$_2$ يرتبطان بالعلاقة الآتية :

$$ق_1 - ق_2 = ٢٫٥ \ لو \left(\frac{أ_2}{أ_1}\right)$$

وعلى هذا فان كان النجم الثانى ألمع من الأول بمائة مرة

فان لو (أ$_2$ / أ$_1$) تكون مساويه لـ (٢) ويكون الفرق فى القدرين مساويا (٥) وهذا كما يتطلب تعريف الاقدار •

الأقدار الظاهرية للأجسام السماوية :

لقد اتفق على اعطاء أرقام تكون مقياسا على شدة لمعان الأجسام السماوية الظاهرى وهذه الأرقام تسمى بالأقدار الظاهرية للأجسام السماوية • ولقد اتفق على أن يعطى رقم (٦) لأخفت النجوم التى ترى بالعين المجردة فى الليل حينما تكون السماء صافية ورقم (١) لأشد النجوم لمعانا فى السماء والأرقام ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ للنجوم التى تندرج فى اللمعان بين أشد النجوم لمعانا وأخفت النجوم التى ترى بالعين المجردة •

بين « السير جون هرشل » فى سنة ١٨٣٩ أن لمعان نجم من القدر الأول يبلغ مائة ضعف لمعان نجم من القدر السادس وقد اتضح من المشاهدات العديدة بالعين المجردة أن هذه النسبة قائمة خلال التدرج القياسى للاقدار فالنجوم ذات قدر ما يبلغ لمعانها مرتين ونصف لمعان النجوم ذات القدر التالى المتزايد • هذه هى القاعدة الأساسية للحواس البصرية والتى تسمى بقانون « فيكنر » التى تنص على أن الفرق فى الشدة التى تمثل الجزء ذاته من الكل قدرتها الحواس بالتساوى مهما

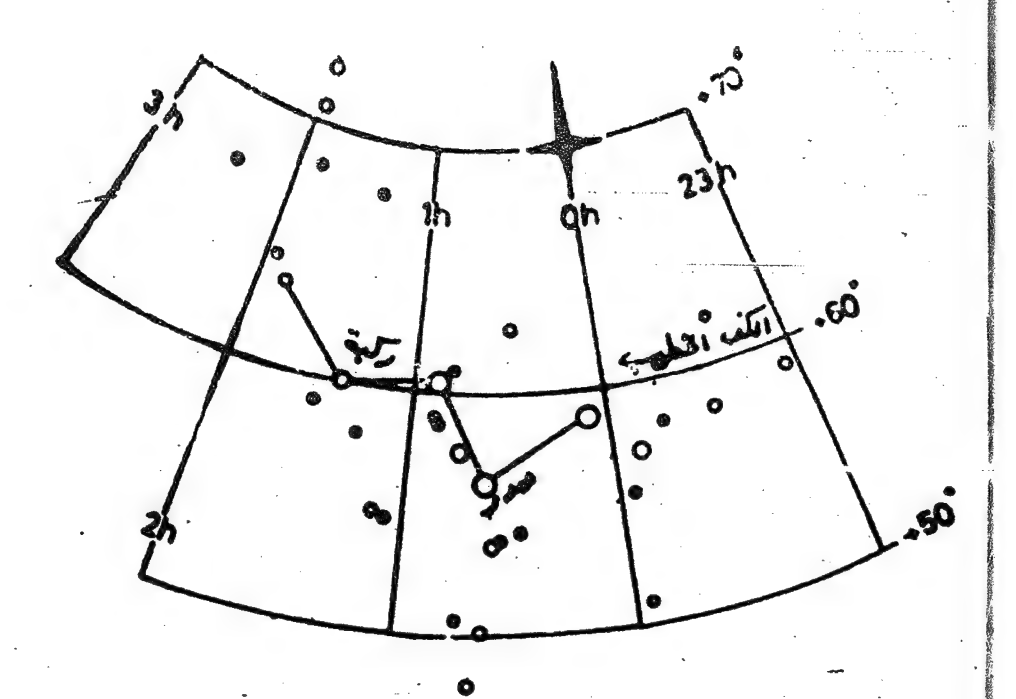
بلغت شدة الكل فى الكبر أو الصغر وأن أصغر فرق فى اللمعان التى تتمكن العين المدربة على الأرصاد والمشاهدات وفى ظروف موائمة تبلغ ١٪ وعلى هـذا الأساس تمكن « بوجسن » فى عام ١٨٥٠ من تحديد تدريج الأقدار للنجوم بحيث أن نسبة اللمعان المتبقية تساوى ٢٫٥١١٩ (١٠٠) أو الجـذر الخمسى للعدد (١٠٠) ووضعت النتائج فى جدول كالآتى :

القـدر	١	٢	٣	٤	٥	٦
اللمعان	١٠٠	٤(٢ر٥١)	٣(٢ر٥١)	٢(٢ر٥١)	(٢ر٥١)	١

ولقد وجد بعد هذا الاتفاق أن هناك نجوما أشد لمعانا من النجوم التى اتفق أن يكون قدرها (١) وبعض الكواكب أشد لمعانا من هذه النجوم أيضا ، فاتفق أن يكون قدر هذه النجوم والكواكب أقل من (١) أى صفرا وأعداد سالبة فمثلا :

كوكب المريخ قدره الظاهرى ١ر٨٠٠ ، كوكب الزهرة ٤٠٠ القمـر ١٢ر٥٠٠ ، الشـمس ٢٦ر٧٠٠

أما عن النجوم الخافتة جدا والتى لايمكن رؤيتها بالعين المجردة لخفوتها فان اقدارها تزيد عن الرقم (٦) فمثـلا قدر أقرب نجم الينا عبارة عن ١٠ر٥٠٠ وقدر أخفت نجم يمـكن تصويره بأكبر منظار فلكى فى العالم .



شكل (رقم ١٤)

١ ــ الكف الخطيب نجم قزم يبعد عن سطح الأرض بمقدار ٤٧ سنة ضوئية .

٢ ــ الذى على الركبة يبعد عن الأرض ٧٦ سنة ضوئية .

٣ ــ الذى على الصدر ، ويعتبر هذا النجم من النجوم العملاقة ويبعد عن الأرض بمقدار ٦٥٠ سنة ضوئية .

المجاميع النجومية :

لسهولة تعريف النجوم التى تظهر فى السماء قسم الاغريق والرومان والعرب والصينيين ... الخ . النجوم التى تظهر على الكرة السماوية الى مجموعات وأعطوا كل مجموعة اسما فمثلا هناك مجموعة الدب الأكبر والدب الأصغر وذات الكرسى والجبار والدجاجة والأسد والثور والتوأمين وهكذا ، ولقد قسم القدماء النجوم التى تظهر فى السماء الى ٤٨ مجموعة أضيف اليها بعد ذلك ٤٢ مجموعة لتشمل جميع النجوم .

ويمكن تشبيه مجاميع النجوم فى السماء كمجاميع القارات على الكرة الأرضية أو كمجاميع البحار مثلا ولكن بفارق وهو أن النجوم التى تتبع كل مجموعة ليس لها علاقه ببعضها البعض أى أنها لا تكون مجموعة طبيعية الا فى القليل النادر فيجوز جدا أن نجد مجموعة من المجاميع على أبعاد مختلفة ومتفاوتة من الأرض .

ولقد لجأ القدماء الى فكرة المجاميع لسهولة الاستدلال على النجوم كما ذكرنا ولقد أعطيت النجوم التى تتبع مجموعة معينة أحرف لاتينية أو رومانية أو فى بعض الأحيان أعداد يتبعها اسم المجموعة.والأحرف اللاتينية تعطى عادة بحيث يطلق الحرف

الأول (الفا) α على أشد النجوم لمعانا فى المجموعة ثم الحرف (بتيا) (B) على النجم الذى يليه لمعانا وهكذا ....

فمثلا النجم α فى ذات الكرسى أشد لمعانا من النجم (B) فى نفس المجموعة والنجم (B) أشد لمعانا من النجم δ فى ذات المجموعة وهكذا أنظر الشكل (رقم ١٤) .

وكما يمكن تمثيل القارات والبحار التى على الكرة الأرضية على خرائط يمكن تمثيل المجاميع التى تنقسم اليها النجوم على خرائط تسمى بالخرائط الفلكية ولكن الخرائط الفلكية تختلف عن خرائط الكرة الأرضية فى عاملين .

العامل الأول :

الخرائط الفلكية تختلف شكلها باختلاف المكان والزمان فشكل السماء كما يراه انسان فى شهر يوليو بالقاهرة يختلف أيضا عن شكلها كما يراه انسان فى يوليو فى نيويورك مثلا وسنذكر السبب فيما بعد .

العامل الثانى :

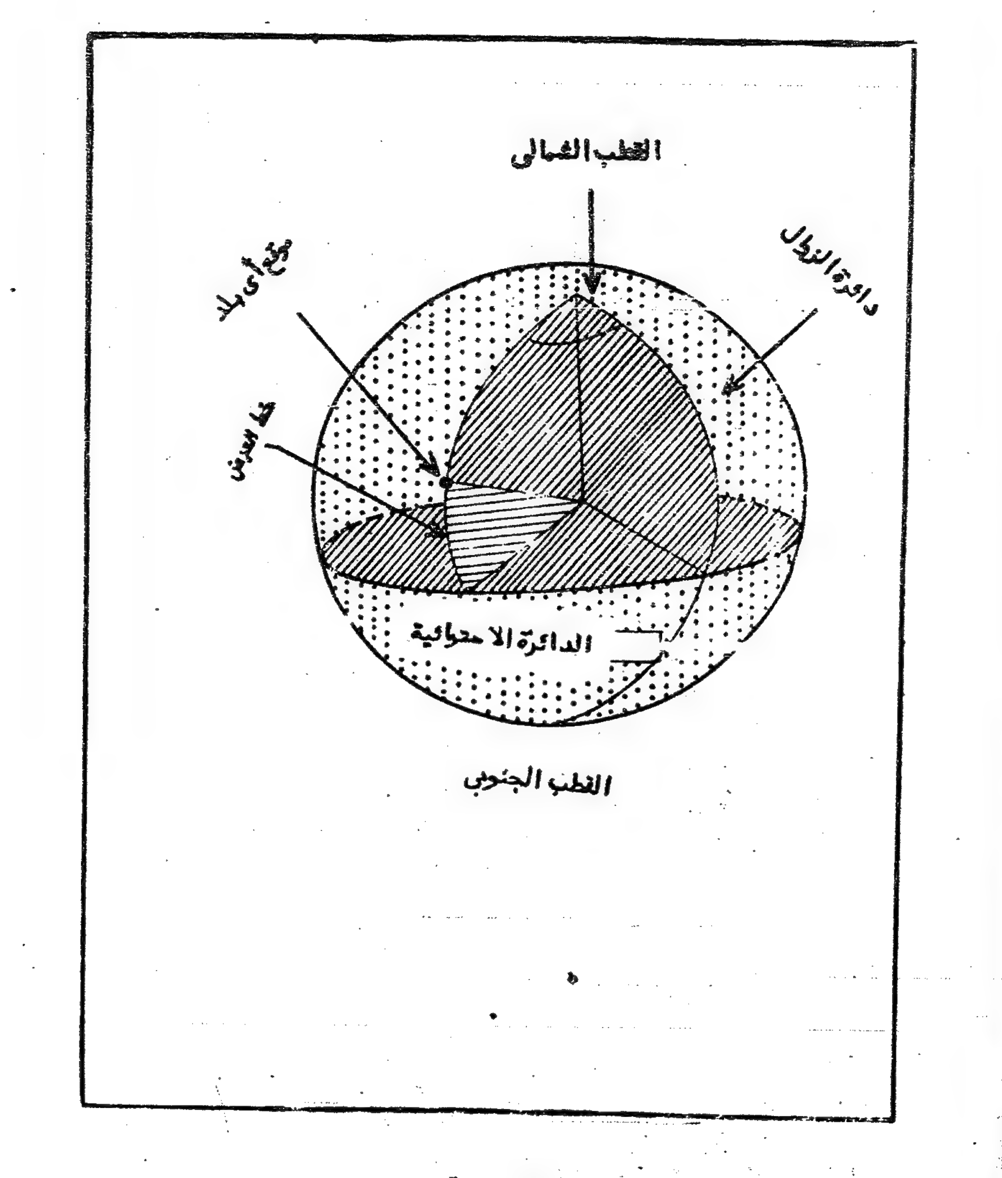
الخرائط الفلكية عبارة عن تمثيل للسطح الداخلى للكرة السماوية فى حين أن خرائط الكرة الأرضية عبارة عن تمثيل

للسطح الخارج للكرة الأرضية وهـذا الفرق يعكس اتجـاه الشرق والغرب فاذا وجهنا الخريطـة فى اتجاه الشمال ، ففى حالة الخريطة الفلكية سيكون شرق الخريطة على اليسار وغربها عن اليمين وهذا بعكس خريطة الكرة الأرضية •

خطوط الطول والعـرض :

الدوائر العظمى التى يمكن تصورها بان ترسم على سطح الأرض وتمر بالقطب الشمالى والقطب الجنوبى تسمى خطوط الطول شكل (رقم ١٥) وهنـاك دائرة عظمى واحدة عمودية على خطوط الطول وتسمى خط الاسـتواء ومسـتوى هـذه الدائرة عموديا على محور دوران الأرض ويلاحظ أن كل نقطة على خط الاستواء تبعد عن القطب الشمالى بمقدار ٩٠° ونلاحظ أن خطوط الطول على سطح الأرض عبارة عن دوائر عظمى أى أن نصف قطرهـا يسـاوى نصـف قطر الأرض أى يساوى ٦٤٠٠ كيلو متر وبالمثل خط الاستواء عبارة عن دائـرة عظمى نصف قطرها يساوى نصف قطر الأرض ٦٤٠٠ كيلو متر •

قسم الجغرافيون الأرض الى ٣٦٠ خطا أو دائرة وهميـة تتجه شمال ــ جنوب وتلتقى كلها فى القطبين وسميت كما ذكرنا بخطوط الطول واذا عرفنـا أن زاوية مركز الدائـرة العظمى ٣٦٠ درجة فسيكون مقدار الزاوية بين كل خط والخط المجاور



شكل (رقم ١٥)

له درجة واحدة والزاوية بين كل خط وخط لا تتغير ولكن المسافة بينهما تختلف حسب الموقع على سطح الأرض أو حسب خط العرض فعند خط الاستواء تبلغ المسافة بين الخطين أقصاها وتقل كلما اتجهنا شمالا أو جنوبا حيث يتلاشى الفرق عند القطبين ويمكن حساب المسافة بين خطى الطول المتجاورين عند خط الاستواء بواسطة قسمة محيط الأرض ومقداره حوالى ٤٠ ألف كيلو متر على عدد الخطوط أى ٣٦٠ خط حيث تحصل الى حوالى ١١١ كيلو متر .

ويطلق على الخط ١٨٠ درجة شرقا أو غربا حيث ينتهى ويبدأ اليوم فى آن واحد بخط التاريخ أى خط بداية اليوم . واختار الجغرافيون خطا مارا بقرية جرينتش بانجلترا واعتبروه خط طول الصفر ثم منه شرقا قسموا سطح الكرة الأرضية الى ١٨٠ خطا وكذلك غربا وحيث أن الأرض كروية فخط ١٨٠ شرقا هو فى الواقع خط ١٨٠ غربا ويبلغ الفرق بينهما فى الزمن والتاريخ يوما كاملا .

المسافر فى اتجاه الغرب أى فى اتجاه حركة الشمس الظاهرية فهو بذلك يكسب الوقت بقدر خطوط الطول التى قطعها بمعدل ٤ دقائق لكل خط ومثال ذلك اذا فرض أن هناك طائرة سوف تغادر مكان (أ) الساعة الثانية بعد الظهر متجهة الى المكان (ب) الذى يقع غرب المكان (أ) بمسافة

قدرها ١٠٠٠ كيلو متر والفرق بين خطى طوليهما ١٥ درجة فاذا ما فرضنا أن سرعة الطائرة ١٠٠٠ كيلو متر فى الساعة فسوف تصل الطائرة الى المكان (ب) فى الساعة الثانية بعد الظهر بتوقيت المكان وبذلك يكون المسافر قد كسب ساعة زمنية .

وقد يبلغ الفرق فى الزمن يوما كاملا ومثال ذلك عندما يقطع الطائرة خط التاريخ متجهة غربا فانها ستكسب يوما كاملا . أى أن الطائرة اذا قطعت خط التاريخ فى نهاية يوم الأحد مثلا سنجد أن اليوم الذى يليه هو الثلاثاء لا الاثنين .

لتعريف موقع مكان ما على سطح الأرض يمكن الاستعانة بخطوط الطول وخط الاستواء فمثلا لتحديد موقع القاهرة ، نرمز له بالنقطة (أ) على الكرة الأرضية : نختار خط الطول الذى يمر بمدينة القاهرة أى الدائرة العظمى الذى تمر بالقاهرة والقطب الشمالى . ستقطع هذه الدائرة خط الاستواء فى نقطة (ب) مثلا . المسافة بين النقطتين (أ) ؛ (ب) تسمى بزاوية عرض المكان ونرمز لها عادة بالزاوية Φ . وتكون موجبة اذا كان المكان فى شمال خط الاستواء أى واقع بين خط الاستواء والقطب الشمالى وتكون سالبة اذا كان المكان فى جنوب الاستواء .

نلاحظ أن زاوية عرض المكان بين (صفر + ٩٠) اذا كان المكان فى نصف الكرة الشمالى وبين (صفر ، — ٩٠) اذا كان المكان فى نصف الكرة الجنوبى •

والآن هل تكفى الزاوية Φ وحدها لتعريف موقع مكان ما على الأرض أو بمعنى آخر اذا قلنا أن زاوية عرض مكان تساوى Φ هل ذلك نعرف موقع المكان على سطح الأرض ؟ والجواب على ذلك السؤال بالنفى والسبب فى ذلك هو أن جميع الأماكن الواقعة على دائرة صغرى والمارة بالنقطة (أ) وموازية لخط الاستواء لها نفس خط العرض Φ ••• فمثلا المكان (أ) خط عرضه Φ والمكان ب خط عرضه Φ وهكذا ومن ذلك نرى أن الزاوية Φ لا تعين المكان (أ) نهائيا ولكنها تعين الدائرة الصغرى أ١ أ٢ أ٣ •• ولذلك مازال أمامنا مهمة تعيين النقطة (أ) على الدائرة الصغرى أ أ١ أ٢ •• التى تسمى عادة باسم دائرة خط عرض المكان (أ) وهى الدائرة الصغرى التى تمر بالنقطة (أ) والموازية لخط الاستواء • نلاحظ أن النقط ، ، أ١ ، أ٢ ، أ٣ تختلف فى موقعها على خط العرض أو بمعنى آخر خطوط الطول (أ) أ١ ، أ٢ ، أ٣ تختلف عن بعضها البعض فلكى تثبت النقطة (أ) يجب أن نبحث عن كمية أخرى تعرف بخط طول النقطة (أ) وتفرقه عن خطوط الطول للنقط أ ، أ١ ، أ٢ ، أ٣ هذه الكمية يطلق عليها اسم خط طول المكان

خط جرينتش

دائرة صغرى

Φ

الدائرة الاستوائية

شكل (رقم ١٦)

القطب الجنوبى للأرض

(أ) وهى الزاوية بين خط طول المكان (أ) وخط طول مكان ثابت اتفق أن يكون جرينتش بانجلترا ويطلق عليها الحرف (ل) ومن ذلك نرى أن الزاوية (ل) والزاوية Φ يمكن استخدامهما فى تحديد موقع مكان ما على سطح الكرة الأرضية شكل (رقم ١٦) •

تعيين خط طول المكان :

خط طول المكان يمكن معرفته بمقارنه الوقت المحلى بالوقت المنطقى أو بوقت جرينتش •

فمثلا اذا كان معنا ساعة عادية أى الساعة التى تعين الوقت المدنى وذهبنا بها الى مكان ما وأمكنا معرفة الوقت المحلى فى لحظة معينة فبمقارنة هذا الوقت بالوقت المدنى ينتج فرق خط طول المكان عن خط طول المنطقة التى بها هذا المكان ومن ذلك نعين خط الطول •

والسؤال الذى يتبادر الى الذهن ، هو كيفية معرفة أو تعيين الوقت المحلى ؟ ••• يمكن معرفة الوقت المحلى لأى مكان عند لحظات مختلفة فى النهار وهذه اللحظات هى وقت الشروق ووقت الغروب للشمس • وهذه اللحظات مجدولة فى جداول فلكية لكل يوم من أيام السنة فبمقارنة الوقت المعطى

فى هذه الجداول بالوقت الذى تظهره الساعة عند لحظة شروق أو غروب الشمس يمكننا تعيين خط طول المكان •

عيب هذه الطريقة أن المكان المطلوب حساب خط طوله يجب أن يكون سهلا منبسطا فمثلا لا يكون هناك جبلا او ارتفاعا عند اتجاه الشروق والغروب حتى لا تعوق رؤية ظاهرة الشروق والغروب •• وهناك عيب آخر وهو انتظارنا للحظة الغروب أو الشروق حتى يمكننا معرفة خط طول المكان •

ويمكن تعيين خط طول المكان وقت الظهر • حيث أن لحظة مرور الشمس العلوى على خط الزوال تعرف بوقت الظهر وهناك جداول لاعطاء الوقت المحلى للظهر الذى لا يخرج عن كونه :

(الوقت الظاهرى للظهر — الوقت المتوسط للظهر = معادلة الزمن) •

وبمعرفة الوقت الظاهرى للظهر ١٢ ساعة وكذلك معادلة الزمن من الجدول • وبمقارنته الوقت المحلى للظهر بالوقت الذى تعطيه ساعتنا عند لحظة الظهر يمكننا معرفة خط الطول •

ولحظة الظهر هى التى يكون عندها ارتفاع الشمس عن الأفق أعلى ما يمكن أى طول الظل التى على سطح أفقى من

جسم رأسى أقصر ما يمكن وعيب هذه الطريقة أنه من الصعب تعيين لحظة الظهر بالضبط وبجانب ذلك يجب أن ننتظر الى وقت الظهر لتعيين خط الطول •

ويمكن تعيين خط طول المكان من قياس ارتفاع الشمس عند أى لحظة فالوقت المحلى عند أى مكان يتوقف على الزاوية الساعية عند هذا المكان والزاوية الساعية للشمس عند أى مكان تتوقف على ارتفاع الشمس فوق الأفق عند هذا المكان فاذا أمكننا معرفة هذا الارتفاع فانه يمكننا تعيين الوقت المحلى وبمقارنة الوقت المحلى بوقت الساعة تستطيع معرفة خط طول المكان وعموما يمكننا قياس ارتفاع الشمس بقياس نسبة طول الظل الذى يلقيه جسم رأس على مستوى أفقى الى طول الجسم نفسه ويمكننا عمل جداول تعطى الوقت المحلى اذا أعطينا هذه النسبة ، وهذه الطريقة خالية من العيوب المذكورة فى الطرق السابقة •

ويمكننا أيضا تعيين خط طول المكان باستخدام ما يسمى باستتار النجوم وراء القمر فالقمر يدور حول الأرض دورة كاملة فى مدى $27 \frac{1}{3}$ يوما بالنسبة لما وراءه من خلفية من النجوم ، فهو يتحرك شرقا فى السماء بمعدل يزيد قليلا عن نصف درجة قوسية فى كل ساعة واننا نشاهده ليلا والنجوم تستتر

وراءه حيث تختفى فجأة وتعود بعد مضى وقت قصير الى الظهور فجأة أيضا ، هذه الظاهرة اللحظية التى تسمى أحيانا بالطمس والبزغ تنشأ من انه ليس للقمر غلاف جوى مثل الغلاف الجوى للأرض يطمس اشعاع النجم تدريجيا حتى يستتر وراء جرم القمر وهناك علاقة رياضية تربط بين موقع القمر فى السماء وموقع الراصد على سطح الأرض بافتراض أن مواقع النجوم معروفة بدقة عالية ، ولقد استخدمت بأرصاد النجوم فيما سبق للتعرف على الفرق فى الطول بين الأماكن المختلفة على سطح الأرض ولكن أرصاد الاشارات الزمنية اللاسلكية الحديثة جعلت طريقة الاستتار طريقة بالية بطل استعمالها فى تعيين طول المكان •

ومواقع القمر فى لحظة ما معروفة بدقة عالية وفقا لنظريات الديناميكا السماوية للأجسام الثلاثة ويسجل هذه المواقع فى التقاويم الفلكية فى كل ساعة من ساعات اليوم ومن هذه المواقع وموقع نجم ما يحصل على ظروف استتار هذا النجم بدقة كافية، ومن المنتظر أن تتفق مواقيت الأرصاد والمشاهدة مع المواقيت المستنتجة من الحساب وفقا للنظرية والواقع أن أرصاد الاستتار تبين أن الطول المتوسط للقمر المستنتج من الأرصاد يقل عن قيمته النظرية فى (١٩٤٤) بمقدار ثانية واحدة قوسية واننا نعزو هذا الفرق الى تغير فى دورة الأرض حول محورها هذه

الدورة التى تعتبر الأساس فى قياس الزمن • ومن هذا يتبين لنا أهمية أرصاد الاستتار لأن التغير فى دورة الأرض غير ثابت على مر الزمن والأجيال •

يجب أن تتذكر هنا أن جميع الطرق المشروحة لتعيين خط الطول لا تخرج عن كونها تقريبية اذ أن القيم المعطاه فى الجداول الفلكية المستخدمة فى تعيين خطوط الطول تعتمد فى الدرجة الأولى على خط الطول والعرض ما عدا وقت الظهر الذى يتوقف على خط الطول فقط اللذان لا تعرفهما ولكن سوف لا يكون الخطأ كبيرا بل وسوف لا يتعدى عدة دقائق قوسية اذا استعملنا الجداول المبنية على أساس خطوط العرض ٩٠ شمال وخط الطول ٣٠ شرق •

تعيين خط العرض اثناء الليل :

نلاحظ من الشكل أن الاتجاه (م ق) يميل مع الاتجاه (م س) زاوية تساوى ٩٠ ــ Φ درجة عرض المكان أى أن الزاوية بين السمت والقطب الشمالى السماوى تساوى ٩٠ ــ Φ ، ولكن السمت يبعد عن الأفق بمقدار ٩٠ ومن هذا تكون زاوية ارتفاع القطب الشمالى السماوى عن الأرض تساوى Φ ومن حسن الحظ أن تصادف أن اتجاه القطب الشمالى السماوى قريب جدا من اتجاه معين يسمى بالنجم

القطبى وهذه الطريقة هى من الطرق التقريبية مع ملاحظة أنه من الصعب تقدير زاوية الارتفاع بالعين المجردة وحتى لو أمكننا معرفة الزاوية بالضبط فان ذلك غير كاف حيث أن النجم القطبى لا ينطبق تماما على اتجاه محور الارض ولكنه يختلف عنه قليلا •

وهناك طريقة أخرى لتعيين درجة العرض وذلك لقياس ارتفاع الشمس عند الظهر فوق الأفق حيث أن هذا الارتفاع يساوى ٩٠ ــ Φ + ى فاذا ما عرفنا ميل الشمس فيمكن تعيين درجة العرض Φ وعيب هذه الطريقة أنه من الصعب تعيين الارتفاع الى أقرب درجة وبجانب ذلك من الصعب تعيين لحظة الظهر بالضبط •

مساحة الأرض :

اذا اعتبرنا الأرض على شكل كرة ونصف قطرها ٦٤٠٠ كيلو متر وباستخدام القوانين الرياضية فسوف نجد أن مساحة الأرض ٥٠٠ مليون كيلو متر مربع ولو قمنا بتوزيع هذه المساحة بالتساوى على جميع سكان الأرض لحصل الشخص الواحد على خمسة هكتارات من الأرض اليابسة وحوالى ٢٥ هكتار من الأرض المعمورة بالماء • والانتاج الذى تغطيه خمسة هكتارات لا يكفى لتغذية شخص واحد فقط بل يكفى لتغذية آلاف الناس ومن ذلك فان التخوف الذى ينتاب بعض

الدول الرأسمالية الذين يدعون العلم ويصرحون بأن عدد سكان الارض أكثر من اللازم وأن الأرض ستعجز بعد فترة وجيزة عن تغذية هذا العدد من الناس وبالطبع هذا خطأ وسخف كما أظهرنا .

وهناك بعض العلماء يعتقدون فى أن الفحم والحديد والبترول سينضب قريبا وهذا كذب أيضا فلدينا الان الفحم الابيض (الكهرباء) والطاقة الشمسية والطاقة النووية ولن تستهلك أبدا المناجم المعدنية كلها .

***

منازل القمر :

يقول ابن منظور الافريقى المتوفى سنة ٧١١ هـ ، ١٣١١ م . فى كتاب « نثار الأزهار فى الليل والنهار » أنسوا بالقمر لانهم يجلسون فيه للسحر ويهديهم السبيل فى سرى الليل فى السفر ويزيل عنهم وحشة الفاسق وينم على المؤذى والطارق فاختارا فى السماء ثمانية وعشرين مجموعة من النجوم الغير بعيدة عن فلك البروج وكذلك فلك القمر لتكون علامات لمسير القمر بصفة أن يدل تقريباً كل أحد منها على موضع القمر فى احدى ليالى الشهر النجمى وسموا هذه المجاميع النجومية نجوم الأخذ أو المنازل للقمر التى وردت فى القرآن الكريم .

« هو الذى جعل الشمس ضياءا والقمر نورا وقدره منازل فتعلموا عدد السنين والحساب » .

سور يونس (الآية ٥)

« والقمر قدرناه منازل حتى عاد كالعرجون القديم » .

سورة يس (الآية ٣٩)

ان بعض علماء اللغة قالوا أن النوء منسوب الى طلوع المنزلة وقت طلوع الشمس لا الى غروبها فى هذا الوقت ، وهذا مخالف لقول أكثر اللغويين وجميع أصحاب علم الهيئة مثل البيرونى وعبد الرحمن الصوفى ومما يثبت على أن النؤ منسوب الى غروب المنازل بالغدوات قول عدى بن زيد العبادى من شعراء الحيرة المتوفى قبل الهجرة بنحو احدى وعشرين سنة .

يقول الشاعر :

عن خريف سقاه نؤ من

الدلو تدلى ولم توار العراقى .

والدلو عند عرب الجاهلية اسم شامل المنزلتين المسماتين بالفرغ المقدم والفرغ المؤخر والجداول الفلكية التى ظهرت فى القرن السابق للهجرة تبين أن الفرغ المقدم كان يطلع بالقدرات يوم ٩ مارس بالحساب الشرقى وكان يغرب يوم ٨ سبتمبر ،

أما الفرغ المؤخر فطلوعه مع الفجر كان يوم ٢٢ مارس وغروبه يوم ٢١ سبتمبر ، فاذا ذكر الشاعر فى بيته الخريق (وهو أول مطر بعد الصيف) واضح انه أراد بالنؤ ما يكون من الأمطار عند غروب تلك المنزلتين لا عند طلوعها •

يروى أن أربد ارتفعت له سحابة فرمته بصاعقة فاحرقتـه فقال لبيد يرثيه وكان أخا له ولأمه :

أخشى على أربد الحتوف ولا

أرهب نوء السماك والأسد

والسماك الأعزل (جزء من السنبلة) اسم المنزلة الرابعة عشرة التى كان طلوعها مع الفجر يوم ٤ أكتوبر بالحساب الشرقى وغروبهـا يوم ٤ ابريل وفى كلا الشـهرين الأمطـار غزيرة فى أواسط جزيرة العرب وبالتالى فهذا البيت لا يكفى أن يكون حجة على أن نؤ السماك منسوب الى السقوط أما ذراع الأسد المبسوطة أو الذراع على الاطلاق وهى المنزلة السابعة (جزء من الجوزاء) كان طلوعهـا يوم ٤ يوليو وغروبها ٣ ينـاير بالحساب الشرقى وحيث أن المطر ينزل فقط فى فصل الشـتاء فى وسط الجزيرة العربية فى ٣ يناير ويتضح حاليا أن نؤ الأسد (أو الذراع) غروبه السنوى وقت طلوع الشمس •

المنزلة	وقت الغروب		وقت الشروق
السرطان أو النطح	١٠/٢٢	من الحمل	٢٢ ابريل
البطن بطن الحمل	١١/٤	من الحمل	٥ مايو « اذا طلع البطن اقتضى الدين »
الثريا أو النجم	١١/١٧		١٨ مايو
الدبران	١٢/١	من الثور	٣١ مايو « اذا طلع الدبران يبست القدران »
الهقعة	١١/١٤	من الجبار	١٣ يوليو
الهنعة	١٢/٢٧	من الجوزاء	٢٦ يونيو
الذراع	١/٩	من الجوزاء	٩ يوليو « اذا طلق الذراع ترقرق الشراب فى كل قاع »
النثرة	١/٢٢	من السرطان	٢٢ يوليو
الطرف	٢/٤	من السرطان	٤ اغسطس
الجبهة	٢/١٧		١٧ اغسطس « لولا طلوع الجبهة ما كان للعرب رفمة »
الزبرة (الخراسان)	٣/٢		٣١ اغسطس
الصرفة	٣/١٥		١٣ سبتمبر
العواء	٣/٢٨		٢٦ سبتمبر « اذا طلعت العواء كان الهواء »
السماك الأعزل	٤/١٠		٩ اكتوبر

المنزلة	وقت الغروب	وقت الشروق
الغفر	٤/٢٣	١٠/٢٢ « سمر غفراء لأنه عند طلوعه تستتر نضارة الأرض زينها »
الزباني	٤/٢٦	٤ نوفمبر
الاكليل	٥/٩	١٧ نوفمبر
القلب	٥/٢٢	٣٠ نوفمبر « اذا طلع القلب جاء الشتاء كالكلب »
الشولة	٦/٤	١٣ ديسمبر « اذا طلعت الشولة اشتدت على العيال الدولة » « برد الشولة حمى العجوزة البولة »
النعائم	٦/١٧	٢٦ ديسمبر
البلدة	٦/٣٠	٨ يناير
سعد الذابح	٧/١٣	٢١ يناير
سعد بلع	٧/٢٦	٣ فبراير
سعد السعود	٧/٢٩	١٦ فبراير
سعد الأخبية	٨/١١	١ مارس
الفرغ الأول	٨/٢٤	١٤ مارس
الفرغ المؤخر	٨/٢٧	٢٧ مارس
بطن الحوت أو الرشا		٥ ابريل

مما تقدم يدل دلالة قاطعة على أن النؤ انما يقال لسقوط المنزلة فى المغرب وقت طلوع الشمس .

اذا البدر تم مع الثريا
أتاك البرد أوله الشتاء

وذلك لأن القمر وقت تمامه وهو وقت استقبال الشمس يلزم أن يكون فى نظير الشمس فاذا فرض وجود القمر فى الثريا أى قبل منتصف برج الثور بيسير يكون موضع الشمس قبل منتصف البرج المقابل له أى برج العقرب وذلك يحدث فى أوائل نوفمبر .

كان العرب القدماء يعرفون منازل القمر ويستخدمونها فى معرفة أحوال الهواء وحوادث الجو فى فصول السنة وكانوا ينسبون تلك الحوادث الى طلوع المنازل وغروبها وقت الفجر حين تطلع الشمس ومعلوم أن مثل هذا الطلوع أو الغروب لا يحدث لأى منزلة الا مرة واحدة فى خلال السنة بسبب ما يستوجبه من الأطوال . فان المنزلة المفروضة لكرنها تربية من فلك البروج الذى هو أيضا فلك الشمس الظاهرى حول الأرض لا تطلع وقت طلوع الشمس الا بشرط أن يكون متوسط أطوال نجومها مساويا لطول الشمس وكذلك لا تغرب فى ذلك الوقت الا بشرط أن يكون متوسط أطوالها فى نظير طول

الشمس وفى الحقيقة لا يرى طلوع منزلة أو غروبها وقت طلوع الشمس حتى يساوى طولها طول الشمس أو يبعد عنه بمقدار ١٨٠ درجة وذلك لأن شعاع الشمس يستر نجوم المنزلة ويمنعنا عن رؤيتهـا فيختلف الطلوع أو الغروب المرئى عن الطلـوع أو الغروب الحقيقى فالتى ترى طالعه وقت طلوع الشمـس هى تقريبا المنزلة الثانية قبلها من جهة الغرب •

ويفسر البيرونى معنى طلوع المنازل بقوله ان الشمس اذا حلت بأ[illegible] سترها هى والتى قبلها وطلعت الثالثة فيها •

وعموما فان كل ليلة فى كل وقت ترى فوق الأرض أربـع عشرة منزلة وتبقى الأربع عشرة الأخرى غير مرئية تحت الأرض ثم انه كلما غربت احداها طلعت نظيرتها فى المشرق وهى التى كان العـرب يسمونهـا الرقيب فظـاهر أن الرقيب هى المنزلة الخامسة عشرة من الساقطة ثم انه من غروب منزلة فى الفجر الى غروب التى تليها مدة ثلاثة عشر يوما تقريبـا لأن الشمس تقطع مسافة منزلة (وهى قسم من أقسام الدائرة الثمانية والعشرين) فى ثلاثة عشر يوما بالتقريب •

ويقول البيرونى أن العـرب نسبوا الأمطـار الى غروب المنازل فى الفجر والرياح الى طلوعها •

***

كرويـــة الأرض :

شكل الأرض كروى أو سطحها محدب فيما بين المشرق والمغرب وذلك لأن الشـمس والقمر وسـائر النجـوم لا تطلع ولا تغرب على جميع الأرض فى وقت واحد بل يرى طلوعها على البلدان الشرقية يكون قبل طلوعها على البلدان الغربية وكذلك يتقدم غروبها عند البلاد الشرقية عن البلاد الغربية •

ويمكن البرهنة على كروية الأرض من خسوف القمر فانه مع حدوثه فى الحقيقة فى وقت واحد لكل البلاد فانه يرصـد فى بلد شرقى قبل ما يرصـد فى بلد غربى بقـدر من الزمـان مناسب للمسافة بين البلدين فى حالة ما كان للبلدين خط عرض واحد وذلك يدل على انتظام استدارة الأرض فيما بين المشرق والمغـرب •

أما الاستدارة من الجنوب الى الشمال فاستدلوا عليهـا بما يعرض لمن يسيرون ناحية الجنوب الى الشمال انه يرى عند تغلغله ناحية الشمال نجوم كانت مختفية عنه وأن بعض النجوم الشمالية التى كان لها غروب عند بداية حركتـه تصبح أبدية الظهور (أى تتحرى حركة ظاهرية حول الأرض بدون غروب) ونجوم أخرى كانت فى اتجـاه جنوب الراصد والتى كانت لها شروق وغروب فتصير أبدية الخفاء على ترتيب واحد •